



(19) **RU** (11) **2 153 782** (13) **C1**  
 (51) МПК<sup>7</sup> **H 05 H 1/24, 1/34**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО  
 ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 99113232/06, 02.06.1999

(24) Дата начала действия патента: 02.06.1999

(46) Дата публикации: 27.07.2000

(56) Ссылки: МАСЛОВ А.И. и др. Импульсный источник углеродной плазмы. - Приборы и техника эксперимента, 3, 1985, с. 146-149. US 5078848 A, 07.01.92. US 5518596 A, 21.05.96. RU 2032765 C1, 27.05.95. SU 1551233 A4, 27.05.95. SU 1116967 A4, 27.05.95. PCT WO 92/15184 A1, 03.09.92.

(98) Адрес для переписки:  
 129010, Россия, Москва, ул. Большая Спасская  
 25, стр.3, ООО "Городисский и Партнеры",  
 Емельянову Е.И.

(71) Заявитель:  
 Закрытое акционерное общество "Патинор  
 Коутингс Лимитед"

(72) Изобретатель: Колпаков А.Я.,  
 Маслов А.И., Инкин В.Н., Кирпиленко  
 Г.Г., Гончаренко В.П.

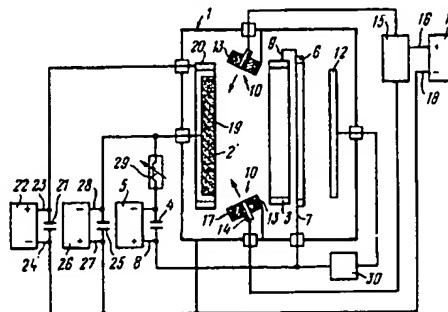
(73) Патентообладатель:  
 Закрытое акционерное общество "Патинор  
 Коутингс Лимитед"

### (54) ИМПУЛЬСНЫЙ ИСТОЧНИК УГЛЕРОДНОЙ ПЛАЗМЫ

#### (57) Реферат:

Импульсный источник углеродной плазмы предназначен для нанесения углеродного алмазоподобного покрытия на обрабатываемое изделие. Источник содержит расположенные в корпусе вакуумной камеры расходуемый графитовый катод и анод, имеющие общую геометрическую ось, электрически связанные с емкостным накопителем. Расходуемый графитовый катод в плоскости, обращенной к обрабатываемому изделию, имеет наибольший размер, приблизительно равный наибольшему размеру обрабатываемой поверхности изделия, на которую наносится покрытие. При этом средство поджига дуги содержит размещенные по периметру расходуемого графитового катода и в непосредственной близости от него по меньшей мере два узла поджига, продольная ось каждого из которых направлена на соответствующую область рабочей поверхности расходуемого графитового катода для инициирования дугового разряда. Импульсный источник углеродной плазмы содержит дополнительный электрод, первый конденсатор, второй конденсатор,

регулируемую катушку индуктивности для обеспечения электрической связи расходуемого графитового катода с емкостным накопителем. Технический результат - расширение зоны нанесения углеродного алмазоподобного покрытия, повышение равномерности получаемого слоя покрытия по толщине и надежности поджига импульсного дугового разряда, а также осуществление контроля и регулировки энергетических характеристик углеродной плазмы. 8 з.п. ф-лы, 5 ил.



Фиг.1

RU 2 153 782 C1

RU 2 153 782 C1



Изобретение относится к устройству для нанесения сверхтвердых износостойких углеродных покрытий в вакууме, а более точно - к импульсному источнику углеродной плазмы.

Предшествующий уровень техники

Изобретение может быть использовано для получения углеродных алмазоподобных покрытий в вакууме на различных изделиях, например, для повышения срока службы режущего, формообразующего, измерительного инструмента, узлов трения и деталей машин, а также в медицине для повышения биосовместимости имплантатов, в электронной технике - для повышения срока службы видео и аудиоголовок.

Известно устройство для покрытия материалов алмазоподобным покрытием с использованием импульсного плазменного пучка, содержащее электроды, подключенные к источнику напряжения, накопитель и отклоняющую катушку (см., например, патент США 5 078 848). Указанное устройство имеет недостаточную надежную систему поджига. Это устройство не позволяет наносить покрытия на протяженные изделия. Кроме того, полученное покрытие обладает большой неравномерностью по толщине.

Наиболее близким техническим решением является импульсный источник углеродной плазмы, содержащий расположенные в корпусе вакуумной камеры расходимый графитовый катод и анод, электрически связанные с емкостным накопителем, подключенным параллельно зарядному устройству постоянного тока, фокусирующую катушку, один вывод которой подключен к положительному выводу зарядного устройства постоянного тока емкостного накопителя, а другой - к аноду, средство поджига дуги, связанное с блоком поджига (см., например, Маслов А. И. и др. "Импульсный источник углеродной плазмы", журнал Приборы и техника эксперимента, 3, 1985 г., стр. 146-149).

Указанное устройство имеет ограниченную зону нанесения покрытия, причем получаемое покрытие имеет высокую неравномерность. Кроме того, устройство имеет сложную систему контроля энергетических характеристик углеродной плазмы. Фокусировка плазменного потока с помощью фокусирующего соленоида увеличивает производительность в центре, но еще больше увеличивает неоднородность толщины покрытия.

Используемый способ регулирования энергетических характеристик имеет ряд недостатков. Изменяя величину напряжения накопителя, мы изменяем величину его заряда, что приводит к изменению поверхности графитового катода, на которой происходит эрозия катода, что изменяет зону нанесения покрытия.

Кроме того, при уменьшении напряжения накопителя ниже определенного значения, понижается надежность инициирования импульсного разряда. Увеличение напряжения накопителя свыше определенного предела приводит к неконтролируемым электрическим пробоям между электродами, что приводит к загрязнению углеродной плазмы и ухудшению свойств формируемого алмазоподобного конденсата.

Раскрытие изобретения.

В основу настоящего изобретения поставлена задача создания импульсного источника углеродной плазмы, конструктивное выполнение которого, в частности, размер и форма расходимого графитового катода, выполнение средства поджига, наличие дополнительного электрода и дополнительных конденсаторов, позволило бы расширить зону нанесения углеродного алмазоподобного покрытия, повысить равномерность получаемого слоя покрытия по толщине, повысить надежность поджига импульсного дугового разряда, а также осуществлять контроль и регулировку энергетических характеристик углеродной плазмы.

Поставленная задача решается тем, что в импульсном источнике углеродной плазмы, предназначенном для нанесения углеродного алмазоподобного покрытия на обрабатываемое изделие, и содержащем расположенные в корпусе вакуумной камеры расходимый графитовый катод и анод, имеющие общую геометрическую ось, электрически связанные с емкостным накопителем, подключенным параллельно зарядному устройству постоянного тока, фокусирующую катушку, один вывод которой подключен к положительному выводу зарядного устройства постоянного тока емкостного накопителя, а другой - к аноду, средство поджига дуги, связанное с блоком поджига, согласно изобретению расходимый графитовый катод в плоскости, обращенной к обрабатываемому изделию, имеет наибольший размер, приблизительно равный наибольшему размеру обрабатываемой поверхности изделия, на которую наносится покрытие, при этом

средство поджига дуги содержит размещенные по периметру расходимого графитового катода и в непосредственной близости от него по меньшей мере два узла поджига, анод каждого из которых подключен через коммутатор к положительному выводу блока поджига, а катод каждого из которых подключен к корпусу вакуумной камеры и к отрицательному выводу блока поджига, при этом продольная ось каждого узла поджига направлена на соответствующую область рабочей поверхности расходимого графитового катода, предназначенную для инициирования дугового разряда, при этом импульсный источник углеродной плазмы содержит

дополнительный электрод, размещенный коаксиально с расходимым графитовым катодом и с зазором относительно него,

конденсатор, подключенный ко второму зарядному устройству постоянного тока, положительный вывод которого подключен к дополнительному электроду, а отрицательный вывод подключен к корпусу вакуумной камеры,

второй конденсатор, подключенный к третьему зарядному устройству постоянного тока, положительный вывод которого подключен к корпусу вакуумной камеры, а отрицательный вывод - к расходимому графитовому катоду,

регулируемую катушку индуктивности для обеспечения электрической связи расходимого графитового катода с емкостным накопителем.

Целесообразно, чтобы устройство содержало импульсный вольтметр, подключенный между обрабатываемым изделием и положительным выводом зарядного устройства емкостного накопителя.

Полезно, чтобы анод узла поджига представлял собой стержневой металлический электрод, а катод узла поджига был выполнен в виде графитового кольцевого электрода, при этом между катодом и анодом было размещено кольцо из диэлектрического материала, поверхность которого, обращенная к расходуемому графитовому катоду, была покрыта электропроводящим материалом.

Полезно, чтобы количество  $n$  узлов поджига определялось по формуле  $n = L/kd$ ,

где  $L$  - наибольший размер обрабатываемого изделия,  $d$  - определенный экспериментальным путем диаметр элементарной зоны эрозии,  $k$  - задаваемый коэффициент неравномерности толщины покрытия.

Полезно также, чтобы расходуемый графитовый катод имел форму, выбранную из цилиндра, призмы, кольца, а анод имел форму, выбранную из пустотелого цилиндра, пустотелой призмы, при этом боковые стенки цилиндра или призмы были выполнены в виде стержней, продольная ось которых направлена параллельно продольной оси цилиндра или призмы.

Целесообразно также, чтобы коммутатор содержал блок управления, определяющий алгоритм работы узлов поджига.

Полезно также, чтобы расходуемый графитовый катод был размещен в корпусе вакуумной камеры с возможностью перемещения относительно узлов поджига для равномерного расходования графитового материала по рабочей поверхности.

Выгодно, чтобы узлы поджига были размещены в корпусе вакуумной камеры с возможностью перемещения относительно расходуемого графитового катода.

Предлагаемый импульсный источник углеродной плазмы позволяет расширить зону нанесения углеродного алмазоподобного покрытия, повысить равномерность получаемого слоя покрытия по толщине, повысить надежность поджига импульсного дугового разряда, а также осуществлять контроль и регулировку энергетических характеристик углеродной плазмы.

Краткое описание чертежей

В дальнейшем изобретение поясняется описанием предпочтительного варианта его воплощения со ссылками на сопровождающие чертежи, на которых фиг. 1 изображает схему импульсного источника углеродной плазмы согласно изобретению;

фиг. 2 изображает узел поджига (продольный разрез) согласно изобретению;

фиг. 3 изображает схему относительного расположения расходуемого графитового катода, узлов поджига и обрабатываемого изделия согласно изобретению;

фиг. 4а, 4в, 4с изображают схему расположения узлов поджига относительно рабочей поверхности расходуемого катода согласно изобретению;

фиг. 5а и 5в изображают форму выполнения анода в виде полых стержневых

конструкций согласно изобретению.

Варианты осуществления изобретения

Импульсный источник углеродной плазмы, предназначенный для нанесения углеродного алмазоподобного покрытия на обрабатываемое изделие, содержит расположенные в корпусе 1 (фиг. 1) вакуумной камеры расходуемый графитовый катод 2 и анод 3. Катод 2 и анод 3 имеют общую геометрическую ось и электрически связаны с емкостным накопителем 4, подключенным параллельно зарядному устройству 5 постоянного тока.

Импульсный источник углеродной плазмы содержит также фокусирующую катушку 6, один вывод 7 которой подключен к положительному выводу 8 зарядного устройства 5 постоянного тока емкостного накопителя, а другой вывод 9 - к аноду 3.

Средство 10 поджига дуги связано с блоком 11 поджига.

Согласно изобретению расходуемый графитовый катод 2 в плоскости, обращенной к обрабатываемому изделию 12, имеет наибольший размер, приблизительно равный наибольшему размеру обрабатываемой поверхности изделия 12, на которую наносится покрытие.

Средство 10 поджига дуги содержит размещенные по периметру расходуемого графитового катода 2 и в непосредственной близости от него по меньшей мере два узла 13 поджига. Анод 14 каждого узла 13 подключен через коммутатор 15 к положительному выводу 16 блока 11 поджига, а катод 17 каждого узла 13 подключен к корпусу 1 вакуумной камеры и к отрицательному выводу 18 блока 11 поджига. При этом продольная ось каждого узла 13 поджига направлена на соответствующую область рабочей поверхности 19 расходуемого графитового катода 2, предназначенную для инициирования дугового разряда.

Импульсный источник углеродной плазмы содержит также дополнительный электрод 20, размещенный коаксиально с расходуемым графитовым катодом 2 и с зазором относительно него, и конденсатор 21, подключенный ко второму зарядному устройству 22 постоянного тока. Положительный вывод 23 зарядного устройства 22 подключен к дополнительному электроду 20, а отрицательный вывод 24 подключен к корпусу 1 вакуумной камеры.

Импульсный источник углеродной плазмы содержит также второй конденсатор 25, подключенный к третьему зарядному устройству 26 постоянного тока, положительный вывод 27 которого подключен к корпусу 1 вакуумной камеры, а отрицательный вывод 28 - к расходуемому графитовому катоду 2.

Регулируемая катушка 29 индуктивности предназначена для обеспечения электрической связи расходуемого графитового катода 2 с емкостным накопителем.

Импульсный источник содержит импульсный вольтметр 30, подключенный между обрабатываемым изделием 12 и положительным выводом 8 зарядного устройства 5 емкостного накопителя 4.

Анод 14 (фиг. 2) узла 13 поджига представляет собой стержневой

металлический электрод, а катод 17 узла поджига выполнен в виде графитового кольцевого электрода. При этом между катодом 17 и анодом 14 размещено кольцо 31 из диэлектрического материала, поверхность которого, обращенная к расходуемому графитовому катоду 2, покрыта электропроводящим материалом 32.

Количество  $n$  узлов 13 поджига определяется по формуле

$$n=L/kd,$$

где  $L$  - наибольший размер обрабатываемого изделия 12 (фиг.3),  $d$  - определенный экспериментальным путем диаметр элементарной зоны 33 эрозии,  $k$  - задаваемый коэффициент неравномерности толщины покрытия.

Узлы 13 поджига размещены по периметру расходуемого графитового катода 2 и в непосредственной близости от него. Расходуемый графитовый катод 2 может иметь форму цилиндра (фиг. 4а), параллелепипеда (фиг.4в) или кольца (фиг. 4с), при этом геометрическая ось  $a$ -а каждого узла 13 поджига направлена на соответствующую область 34 рабочей поверхности 19 расходуемого графитового катода 2, предназначенную для инициирования дугового разряда. В области 34 рабочей поверхности формируется зона 33 эрозии.

Анод 3 в описываемых вариантах выполнения импульсного источника углеродной плазмы имеет форму либо пустотелого цилиндра (фиг.5а), либо пустотелого параллелепипеда (фиг. 5в), при этом боковые стенки цилиндра или параллелепипеда выполнены в виде стержней, продольная ось которых направлена параллельно продольной оси анода 3.

Коммутатор 15 содержит блок управления (не показан), определяющий алгоритм работы узлов 13 поджига.

Для равномерного расходования графитового материала по рабочей поверхности расходуемый графитовый катод 2 (фиг. 1) размещен в корпусе 1 вакуумной камеры с возможностью перемещения относительно узлов 13 поджига, например, с возможностью вращения вокруг оси в случае его выполнения в форме цилиндра или кольца (показано на фиг. 4а и фиг.4с тонкими стрелками).

Возможен другой вариант выполнения, когда узлы 13 (фиг. 3) поджига размещены в корпусе 1 вакуумной камеры с возможностью перемещения относительно расходуемого графитового катода 2 (на фиг.3 показано тонкими стрелками).

Импульсный источник углеродной плазмы работает следующим образом.

После откачки вакуумной камеры производят зарядку емкостного накопителя 4 (фиг. 1) и конденсаторов 21,25 от соответствующих зарядных устройств 5, 22, 26. Для инициации вакуумно-дугового разряда производят коммутацию положительного вывода 16 блока 11 поджига с помощью коммутатора 15 с анодом 14 одного из узлов 13 поджига. При этом происходит электрический разряд по поверхности кольца 31 из диэлектрического материала, покрытого проводящим материалом 32.

На поверхности графитового кольцевого электрода - катода 17 - возникает катодное

пятно, являющееся источником углеродной плазмы, направленной в сторону рабочей поверхности 19 графитового катода 2. При этом происходит разряд конденсатора 21 по плазменному промежутку между катодом 17 узла 13 поджига и дополнительным электродом 20.

При попадании поджигающей плазмы на поверхность расходуемого графитового катода 2 на его рабочей поверхности 19 возникает множество катодных пятен, генерирующих углеродную плазму в зоне эрозии 33. Эти катодные пятна являются источником вакуумно-дугового разряда, существующего между расходуемым графитовым катодом 2 и корпусом 1 вакуумной камеры, между которыми подключен второй конденсатор 25.

После разряда второго конденсатора 25 стадия инициирования импульсного разряда заканчивается и реализуется основная стадия разряда, поддерживаемая за счет энергии, запасенной в емкостном накопителе 4.

При этом вакуумно-дуговой разряд, обусловленный эрозией материала расходуемого графитового катода 2 в катодных пятнах, ионизацией материала, ускорением углеродной плазмы происходит между расходуемым графитовым катодом 2 и анодом 3. Плазма фокусируется фокусирующей катушкой 6 за счет эффекта плазмооптики.

Углеродная плазма конденсируется на поверхности изделия 12 и образует углеродное алмазоподобное покрытие, свойства которого во многом определяются энергетическими характеристиками плазмы. Энергетические характеристики плазмы регулируются с помощью регулируемой катушки 29 индуктивности путем изменения величины ее индуктивности, например, изменением числа витков. Контроль энергетических характеристик углеродной плазмы, приходящей на поверхность изделия 12, производится с помощью импульсного вольтметра 30.

Разряд емкостного накопителя 4 приводит к погасанию дуги. Длительность импульса разряда определяется в основном величиной заряда емкостного накопителя 4 и величиной индуктивности.

Зона 33 эрозии материала и соответственно участок поверхности изделия 12, на которую наносится углеродное алмазоподобное покрытие, определяется ориентацией узла 13 поджига на определенную зону 33 расходуемого графитового катода 2.

При нанесении углеродного алмазоподобного покрытия на протяженные изделия производится последовательная коммутация анодов 14 узлов 13 поджига с помощью коммутатора 15. Каждый импульсный разряд обеспечивает при этом нанесение углеродного алмазоподобного покрытия на область изделия 12 с центром, находящимся на одной прямой линии с центром зоны 33 эрозии расходуемого графитового катода 2, заданного иницирующим разрядом определенного узла 13 поджига.

При увеличении размера изделия 12 увеличивают размер расходуемого графитового катода 2 таким образом, чтобы наибольший размер катода 2 был

приблизительно равен наибольшему размеру изделия. Одновременно увеличивают количество узлов 13 (фиг.3 и 4а) поджига.

Выполнение анода 3 (фиг. 5а, 5в) в форме пустотелого цилиндра или призмы в виде стержней позволяет повысить надежность поджига за счет того, что электронный компонент поджигающей плазмы в момент инициации основного разряда имеет возможность беспрепятственно достигать корпуса 1 вакуумной камеры.

Энергетические характеристики углеродной плазмы определяющим образом влияют на свойства получаемого на изделии алмазоподобного покрытия. При дефиците энергии формирование углеродного конденсата с преимущественно алмазным типом связи невозможно. В случае избытка энергии в формируемом углеродном покрытии накапливаются радиационные дефекты, ухудшающие свойства алмазоподобного покрытия. Учитывая, что углерод обладает большим количеством аллотропных модификаций, возможность в широких пределах изменять энергетические характеристики углеродного плазменного потока открывает широкие возможности для получения углеродных покрытий с заданными характеристиками.

Изменяя величину индуктивности, например, путем изменения количества витков, можно регулировать длительность импульса разряда и энергетические характеристики углеродной плазмы.

Катодные пятна, существующие на графитовом катоде, в процессе импульсного вакуумно-дугового разряда являются источником высокоионизированной углеродной плазмы. Доля ионного тока в плазменном потоке, генерируемом в сторону изделия, составляет приблизительно 10% от общего тока разряда. Учитывая, что изделие, на которое наносится покрытие, изолировано от корпуса вакуумной камеры и от электродов, то на нем возникает так называемый плавающий потенциал, имеющий отрицательное значение относительно анода источника углеродной плазмы. Этот потенциал обеспечивает задержку электронного компонента углеродной плазмы в дебаевском слое, вплотную примыкающем к поверхности изделия. Кроме того, этот отрицательный потенциал является ускоряющим для положительно заряженных ионов углерода плазмы.

Таким образом, изменяя величину индуктивности в цепи разряда емкостного накопителя, можно регулировать величину энергии ионов углерода в плазме, а с помощью вольтметра, можно контролировать эту энергию.

Промышленная применимость

Предлагаемое изобретение может быть использовано для получения углеродных алмазоподобных покрытий в вакууме на различных изделиях, например, для повышения срока службы режущего, формообразующего, измерительного инструмента, узлов трения и деталей машин, а также в медицине для повышения биосовместимости имплантатов, в электронной технике - для повышения срока службы видео и аудиоголовок.

**Формула изобретения:**

1. Импульсный источник углеродной

плазмы, предназначенный для нанесения углеродного алмазоподобного покрытия на обрабатываемое изделие, содержащий расположенные в корпусе вакуумной камеры расходный графитовый катод и анод, имеющие общую геометрическую ось, электрически связанные с емкостным накопителем, подключенным параллельно зарядному устройству постоянного тока, фокусирующую катушку, один вывод которой подключен к положительному выводу зарядного устройства постоянного тока емкостного накопителя, а другой - к аноду, средство поджига дуги, связанное с блоком поджига, отличающийся тем, что расходный графитовый катод в плоскости, обращенной к обрабатываемому изделию, имеет наибольший размер, приблизительно равный наибольшему размеру обрабатываемой поверхности изделия, на которую наносится покрытие, при этом средство поджига дуги содержит размещенные по периметру расходного графитового катода и в непосредственной близости от него по меньшей мере два поджига, анод каждого из которых подключен через коммутатор к положительному выводу блока поджига, а катод каждого из которых подключен к корпусу вакуумной камеры и к отрицательному выводу блока поджига, при этом продольная ось каждого узла поджига направлена на соответствующую область рабочей поверхности расходного графитового катода, предназначенную для иницирования дугового разряда, при этом импульсный источник углеродной плазмы содержит дополнительный электрод, размещенный коаксиально с расходным графитовым катодом и с зазором относительно него, конденсатор, подключенный ко второму зарядному устройству постоянного тока, положительный вывод которого подключен к дополнительному электроду, а отрицательный вывод подключен к корпусу вакуумной камеры, второй конденсатор, подключенный к третьему зарядному устройству постоянного тока, положительный вывод которого подключен к корпусу вакуумной камеры, а отрицательный вывод - к расходному графитовому катоду, регулирующую катушку индуктивности для обеспечения электрической связи расходного графитового катода с емкостным накопителем.

2. Импульсный источник по п.1, отличающийся тем, что содержит импульсный вольтметр, подключенный между обрабатываемым изделием и положительным выводом зарядного устройства емкостного накопителя.

3. Импульсный источник по п.1, отличающийся тем, что анод узла поджига представляет собой стержневой металлический электрод, а катод узла поджига выполнен в виде графитового кольцевого электрода, при этом между катодом и анодом размещено кольцо из диэлектрического материала, поверхность которого, обращенная к расходному графитовому катоду, покрыта электропроводящим материалом.

4. Импульсный источник по п.1, отличающийся тем, что количество  $p$  узлов поджига определяется по формуле

$n = L/kd$ ,  
где  $L$  - наибольший размер обрабатываемого изделия;  
 $d$  - определенный экспериментальным путем диаметр элементарной зоны эрозии;  
 $k$  - задаваемый коэффициент неравномерности толщины покрытия.

5. Импульсный источник по п.1, отличающийся тем, что расходуемый графитовый катод имеет форму, выбранную из цилиндра, призмы, кольца.

6. Импульсный источник по п.1, отличающийся тем, что анод имеет форму, выбранную из пустотелого цилиндра, пустотелой призмы, при этом боковые стенки цилиндра или призмы выполнены в виде стержней, продольная ось которых направлена параллельно продольной оси

цилиндра или призмы.

7. Импульсный источник по п.1, отличающийся тем, что коммутатор содержит блок управления, определяющий алгоритм работы узлов поджига.

8. Импульсный источник по п.1, отличающийся тем, что расходуемый графитовый катод размещен в корпусе вакуумной камеры с возможностью перемещения относительно узлов поджига для равномерного расходования графитового материала по рабочей поверхности.

9. Импульсный источник по п.1, отличающийся тем, что узлы поджига размещены в корпусе вакуумной камеры с возможностью перемещения относительно расходуемого графитового катода.

RU 2153782 C1

RU 2153782 C1

20

25

30

35

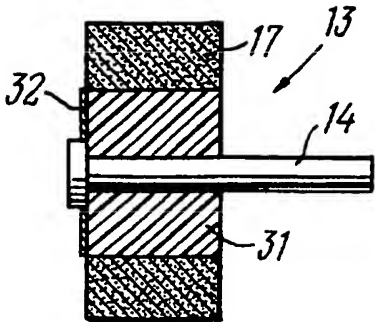
40

45

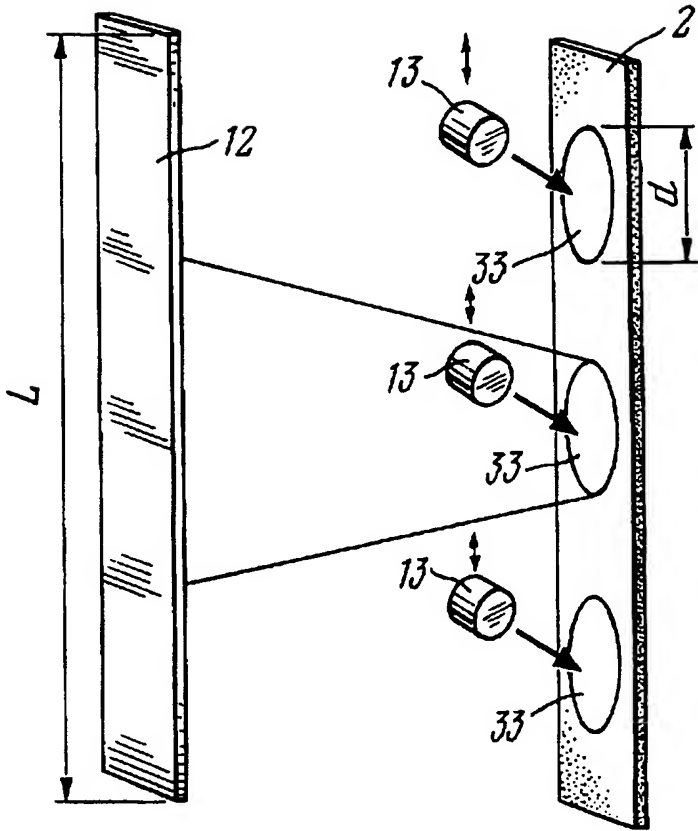
50

55

60



Фиг.2

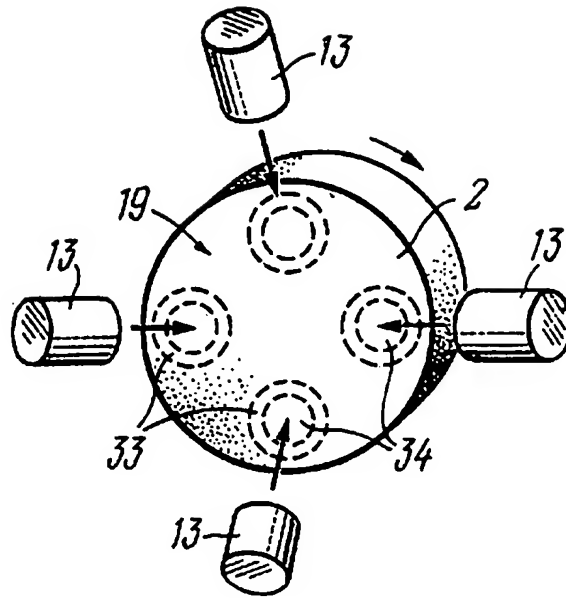


Фиг.3

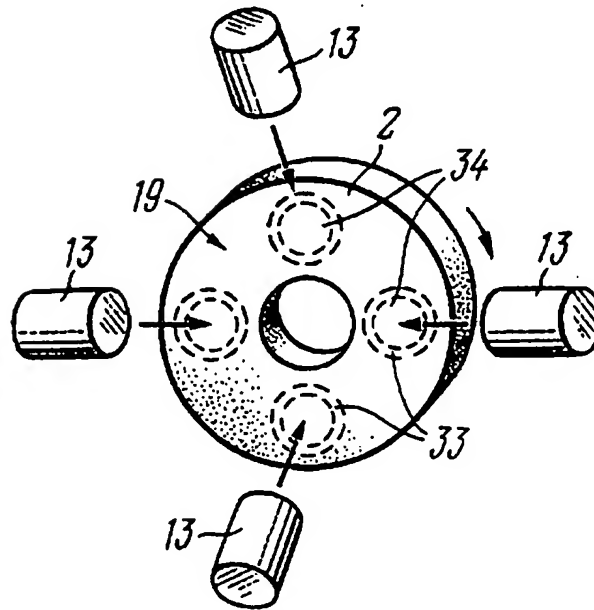
RU 2153782 C1

RU 2153782 C1





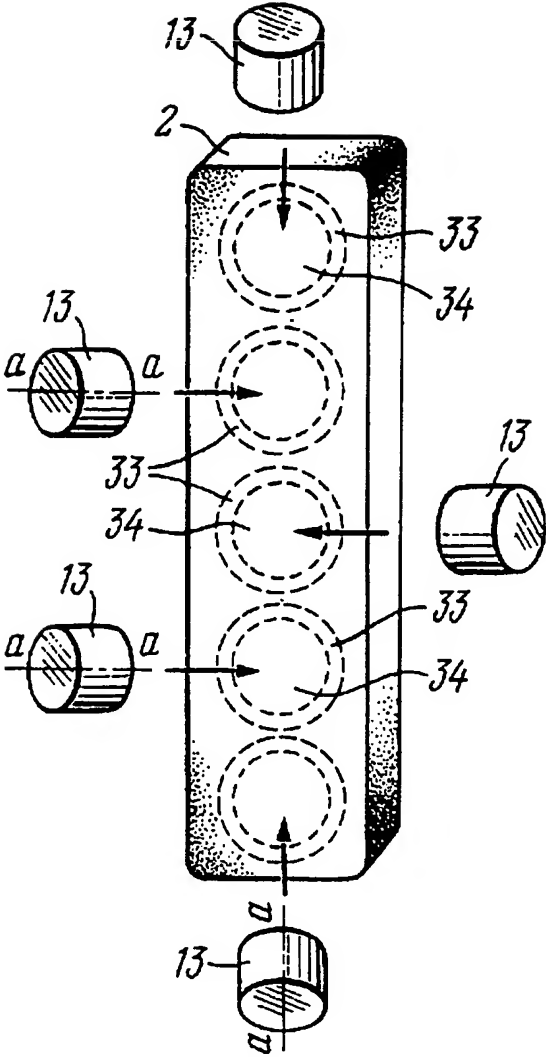
Фиг.4а



Фиг.4с

RU 2153782 C1

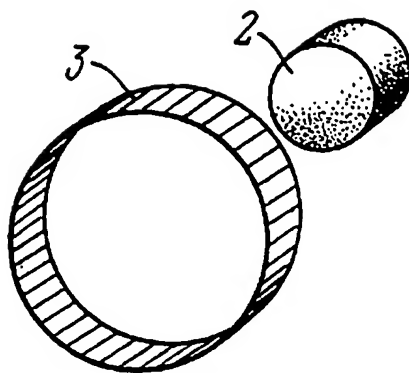
RU 2153782 C1



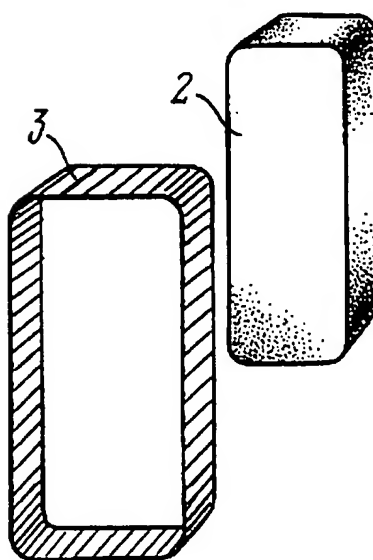
Фиг.4b

RU 2153782 C1

RU 2153782 C1



Фиг.5а



Фиг.5b

RU 2153782 C1

RU 2153782 C1

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**